

**VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra telekomunikační techniky**

**Popis a otestování technologie ANT  
Description and Testing of ANT Technology**

**2013**

**Jozef Záhon**

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Jozef Záhon**

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2601R013 Telekomunikační technika

Téma:

Popis a otestování technologie ANT  
Description and Testing of ANT Technology

Zásady pro vypracování:

1. Popište základní vlastnosti technologie ANT.
2. Popište přenosový kanál a strukturu přenášených dat technologie ANT.
3. Popište způsoby ověřování u technologie ANT.
4. Zjistěte a popište způsob zabezpečení technologie ANT.

Seznam doporučené odborné literatury:

HUNN, Nick. Essentials of Short-Range Wireless. Cambridge University Press, 2010. 344 s. ISBN 978-0521760690


KARL, Holger; WILIQ, Andreas. Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks. Wiley; 1 edition, 2012. 526 s. ISBN 0470095105

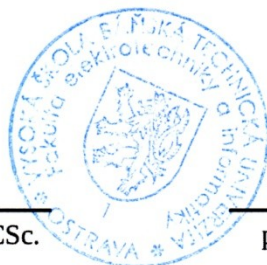
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Kapičák**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013

  
prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.  
vedoucí katedry




  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne. Uviedol som všetky literárne pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

Dňa: 2.5.2013

  
.....  
podpis študenta

## **Pod'akovanie**

Rád by som poďakoval Lukášovi Kapičákovi za odbornú pomoc a konzultáciu pri vytváraní tejto bakalárskej práce.

## **Abstrakt**

V tejto bakalárskej práci sa zaoberám bezdrôtovým protokolom ANT. V teoretickej časti sú popísané vlastnosti ANT, architektúra, model OSI vrstiev, druhy prenášaných dát a druhy prenosových kanálov, ktorými sú dáta prenášané. Niekoľko ďalších odsekov je venovaných vytvoreniu spojenia medzi dvoma, prípadne aj viacerými uzlami, možnosťami overovania a zabezpečenia technológie. Praktická časť je zameraná na vytvorenie reálnej siete pomocou softwarového nástroja ANTware II a dvoch ANT USB vysieláčov. Obsahuje detailný popis konfigurácie siete a následné meranie parametrov, akými sú dosah a prenosová rýchlosť. Na základe nameraných výsledkov práca naznačuje nové možnosti využitia technológie ANT.

## **Kľúčové slová**

bezdrôtový prenos dát, energeticky nenáročný protokol, master, slave, sieť, ID kanála

## **Abstract**

This Bachelor thesis deals with an ANT wireless protocol. The theoretical part describes the characteristics of the ANT, the architecture, the model of OSI layers, the types of data transmission and the types of transmission channels through which data is transmitted. A number of other paragraphs are devoted to the creation of the connection between two, or even more nodes, authentication options and security technologies. The practical part is focused on creating a real network using a software tool ANTware II and two USB ANT transmitters. It contains a detailed description of the network configuration and subsequent measurement of parameters such as a range and transmission speed. The work suggests new ways of using ANT technology on the basis of the measured results.

## **Key words**

wireless data transfer, ultra-low power protocol, master, slave, network, channel ID

**Zoznam použitých symbolov**

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
U	V	Napätie
I	A	Prúd
f	Hz	Frekvencia

## Zoznam použitých skratiek

Skratka	Anglický význam	Slovenský význam
<b>EIRP</b>	Effective Isotropic Radiated Power	Efektívny izotropický vyžarovaný výkon
<b>ID</b>	Identification	Identifikácia
<b>ISM</b>	Industry, Science and Medical	Priemysel, veda a medicína
<b>MCU</b>	Microcontroller Unit	Malá ovládacia jednotka
<b>OSI</b>	Open Systems Interconnection	Prepojenie otvorených systémov
<b>RF</b>	Radio Frequency	Rádiové frekvencie
<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access	Mnohonásobný časovo oddelený prístup
<b>USB</b>	Universal Serial Bus	Univerzálne sériové rozhranie

## Zoznam použitých termínov

Termín	Význam termínu
<b>Acknowledged dáta</b>	Potvrdzované dáta, odosielajúce zariadenie má prehľad o stave doručenia
<b>ANT engine</b>	Jednotka vytvárajúca a udržiavajúca spojenie medzi uzlami siete
<b>Broadcast dáta</b>	Základný typ dát vysielaných v ANT šetriacich pásme aj energiu
<b>Burst dáta</b>	Dáta neodosielané v stanovených periódach, ale vzájomne synchronizované v „zhlukoch“, čím sa dosahuje vyššia prenosová rýchlosť
<b>Interoperabilné zariadenie</b>	Zariadenia schopné vzájomne komunikovať a spolupracovať
<b>Master</b>	Nadriadené zariadenie, vo väčšine prípadov snímač, ktorého primárnou úlohou je dáta odosielať
<b>Slave</b>	Podriadené zariadenie, ktorého hlavnou úlohou je dáta spracovávať



# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Teoretická časť .....	2
2.1	ANT .....	2
2.2	Topológie sietí .....	3
2.3	ANT Kanály .....	4
2.4	Typ kanála .....	5
2.4.1	Obojsmerný kanál .....	5
2.4.2	Zdieľaný obojsmerný kanál .....	5
2.4.3	Kanál len na vysielanie/príjem .....	5
2.4.4	Kanál rozšírenia úloh .....	5
2.4.5	ID kanála .....	5
2.4.6	Periódna kanála .....	6
2.4.7	Vytvorenie kanála .....	6
2.4.8	RF frekvencia .....	8
2.4.9	Nezávislé kanály .....	8
2.4.10	Šifrovanie kanála .....	9
2.5	Druhy dát v ANT .....	9
2.5.1	Broadcast dáta .....	9
2.5.2	Acknowledged dáta .....	9
2.5.3	Burst dáta .....	10
2.5.4	Pokročilé burst dáta .....	10
2.6	Sieť .....	10
2.6.1	Číslo siete .....	11
2.6.2	Sieťový kľúč .....	11
2.7	Párovanie zariadení .....	11
2.7.1	Príklad párovania .....	12
2.7.2	Zoznam povolených/zakázaných .....	13
2.7.3	Vzdialenosť vyhľadávania .....	13
3	Praktická časť .....	15
3.1	ANT USB Stick .....	15
3.2	ANTware II .....	16
3.2.1	Úvod .....	16
3.2.2	Menu a ovládanie .....	16

3.2.3	Vytvorenie siete.....	18
3.2.4	Meranie dosahu technológie ANT pri odosielaní broadcastových dát .....	20
3.2.5	Dosah a prenosová rýchlosť pri odosielaní súboru pomocou burstových dát .....	22
4	Záver.....	25
	Použitá literatúra .....	26
	Zoznam príloh .....	27

# 1 Úvod

ANT je členom rodiny energeticky nenáročných bezdrôtových technológií krátkého dosahu navrhnutý pre siete zložené predovšetkým zo snímačov a pre podobné aplikácie. Využíva 2,4 GHz ISM pásmo. Protokol vyvinula a predáva kanadská spoločnosť Dynastream Innovations Inc., dcérska spoločnosť firmy Garmin. Aj keď oblasť, v ktorej sa momentálne využíva zahŕňa predovšetkým šport, fitnes a aplikácie zamerané na monitorovanie výkonu a zdravia, je mnoho iných odvetví, kde by ANT mohlo nájsť využitie.

ANT využíva techniku krátkych pracovných cyklov a režimy spánku k čo najväčšiemu zníženiu spotreby. To mu umožňuje prevádzku s gombíkovou batériou aj na obdobie dlhšie ako rok. Každý uzol siete ANT môže slúžiť ako master alebo slave, prípadne môže prijímať a vysielat' dáta vo funkcii mostu medzi dvoma sieťami.

Práca je rozdelená na dve časti. Prvá je zameraná na samotnú technológiu ANT, jej vlastnosti a architektúru. Čitateľ sa môže dozvedieť o druhoch prenášaných dát a prenosových kanáloch, o problematike s vytváraním spojenia prípadne, aj o možnostiach zabezpečenia technológie ANT.

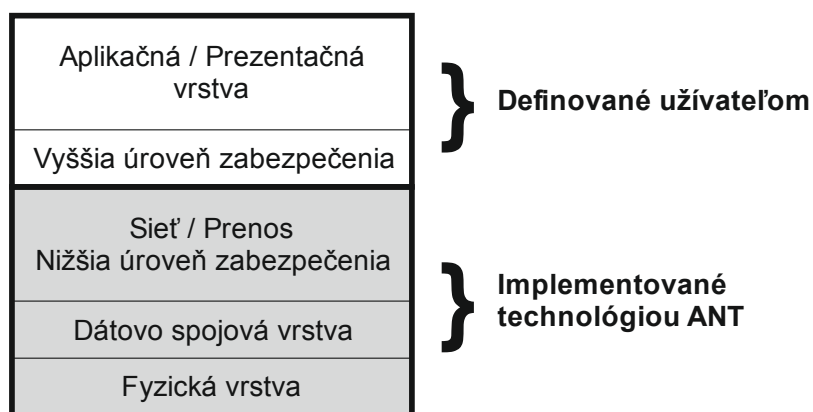
Druhá časť obsahuje návrh a následné vytvorenie jednoduchej siete, meranie jej parametrov pri odosielaní dvoch úplne odlišných druhov dát.

## 2 Teoretická časť

### 2.1 ANT

ANT je bezdrôtový sieťový protokol pracujúci v pásme ISM 2,4 GHz. Navrhnutý pre potreby čo najjednoduchšieho použitia, minimálnej spotreby a teda maximálnej účinnosti. ANT zvláda väčšinu topológií sietí ako napr. hviezda, strom a mnohé iné. Poskytuje spoľahlivú dátovú komunikáciu, flexibilnú prevádzku siete a imunitu voči prepočutiam. Zásobník protokolu ANT je mimoriadne kompaktný, čím znižuje záťaž na procesor a redukuje systémové požiadavky.

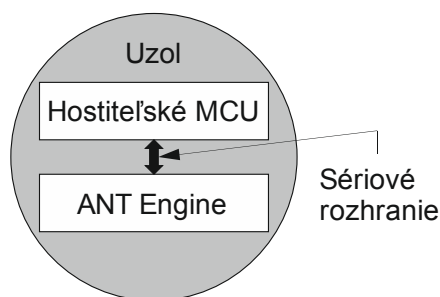
ANT ponúka jednoduché ovládanie na fyzickej, sieťovej aj transportnej vrstve OSI. Okrem toho zahŕňa kľúč nízkoúrovňového zabezpečenia tvoriaci základ užívateľom definovanej implementácie zabezpečenia siete. ANT zaisťuje adekvátnu užívateľskú kontrolu a významne uľahčuje výpočtovú záťaž pri poskytovaní jednoduchého, ale účinného bezdrôtového sieťového riešenia.



Obrázok 2.1: Model OSI vrstiev používaný v ANT

Rozhranie medzi ANT a hostiteľskou aplikáciou bolo navrhnuté s maximálnou jednoduchosťou tak, aby ho bolo možné ľahko a rýchlo implementovať do nových zariadení a aplikácií. Zapuzdrenie bezdrôtového protokolu komplexne s ANT čipsetom výrazne znižuje záťaž na hostiteľský radič. Tým umožňuje 4, prípadne 8 bitovému mikroprocesoru (MCU) vytvoriť a udržiavať komplexné bezdrôtové siete. Dátové prenosy môžu byť naprogramované v deterministickom alebo ad-hoc móde. Burst režim umožňuje efektívny prenos veľkého množstva uložených dát do a z PC alebo iného koncového zariadenia.

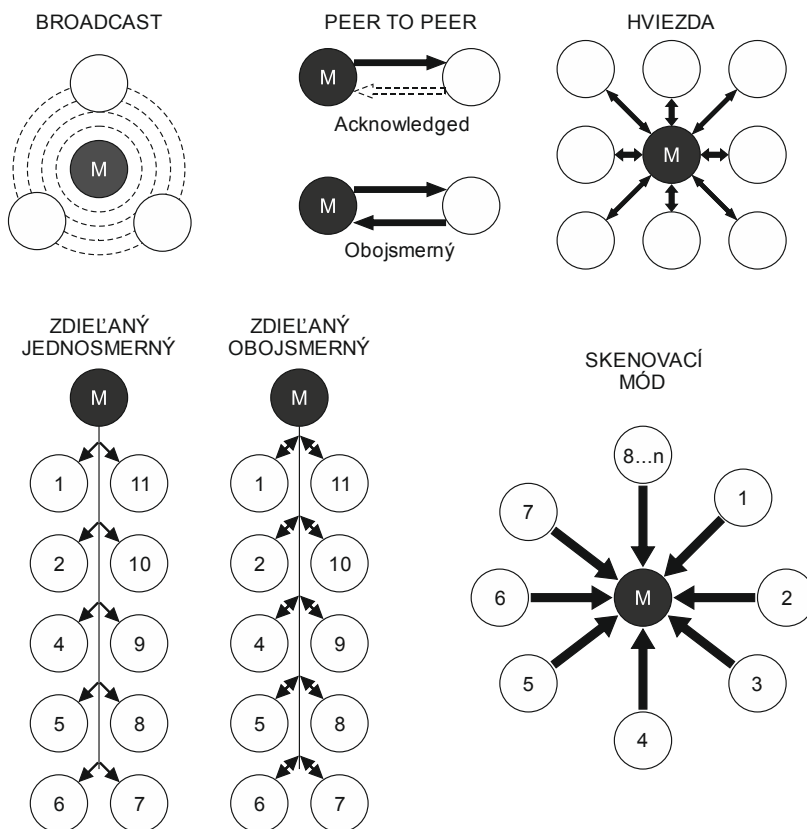
Typické zariadenie ANT sa skladá z aplikácie hostiteľského MCU prepojeného s modulom ANT a z čipsetu, tak ako je znázornené na obrázku 2.2. Hostiteľské MCU zriaďuje a udržiava komunikačnú reláciu s ostatnými vzdialenými ANT zariadeniami prostredníctvom jednoduchého, obojsmerného, sériového protokolu [9].



Obrázok 2.2: Zjednodušená architektúra ANT

## 2.2 Topológie sietí

Protokol ANT bol už od základu navrhovaný s myšlienkou podpory veľkého množstva topológií sietí. Od jednoduchého jednosmerného spojenia 2 uzlov, pozostávajúceho z vysieláča a prijímača až po komplexný systém zložený z množstva vysieláčov so schopnosťami pripojenia jedného bodu k viacerým naraz.

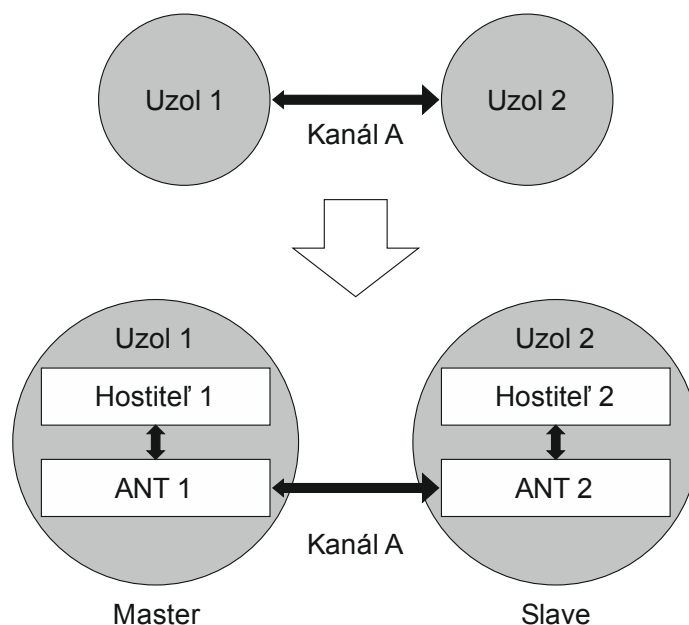


Obrázok 2.3: Príklad topológií podporovaných ANT

## 2.3 ANT Kanály

Kanál tvorí:

1. Master (napr. Uzol 1)
2. Slave (napr. Uzol 2)



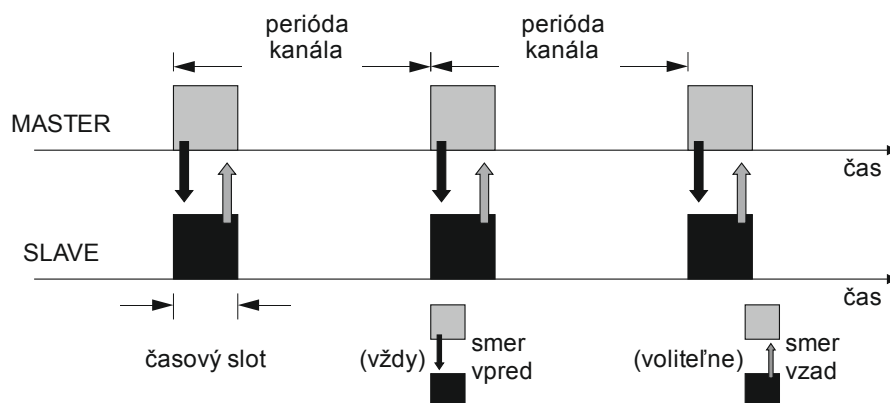
Obrázok 2.4:

Druh dát určuje typ komunikácie prebiehajúcej v ANT kanáli medzi dvoma uzlami. Rozlišujeme štyri druhy dát: broadcast, acknowledged, burst a pokročilý burst. Vždy, keď hostiteľská aplikácia odošle ANT dátovú správu určenú na prenos, špecifikuje prenášané dáta.

Celková komunikácia má dve úrovne - prvá stanovuje smer (z master do slave alebo naopak) a druhá určuje typ komunikácie. Dátové správy sú prenášané medzi uzlami v dvoch smeroch:

1. Smerom vpred (z master do slave)
2. Smerom vzad (zo slave do master)

V smere vpred sú správy prenášané počas stanovených períód. Inak povedané, keď je kanál otvorený, zariadenie master vyšle správu počas každého časového slotu kanálu vid' obrázok 2.5. Slave môže odoslať dáta späť do zariadenia master vo smere vzad [2].



Obrázok 2.5: Komunikácia medzi uzlami

## 2.4 Typ kanála

Typ kanála určuje druh komunikácie, ktorá prebehne v kanáli. Je to 8-bitové pole prijateľných hodnôt z rozsahu od 0 do 255. Typ kanálu musí byť určený pred otvorením kanála.

*Tabuľka 2.1: Typy kanálov v ANT*

Hodnota	Popis
0x00	Obojsmerný kanál slave
0x10	Obojsmerný kanál master
0x20	Zdieľaný obojsmerný kanál slave
0x30	Zdieľaný obojsmerný kanál master
0x40	Kanál len na príjem slave (diagnostika)
0x50	Kanál len na vysielanie master

### 2.4.1 Obojsmerný kanál

V obojsmernom type kanálu môžu dáta tiecť v oboch smeroch. Či už v smere vpred alebo vzd. Primárny smer toku dát je špecifikovaný uzlom. Znamená to, že ak uzol slave otvára kanál bude aj tak predovšetkým dáta prijímať, ale stále môže aj v stanovených časových slotoch dáta vysielat'.

### 2.4.2 Zdieľaný obojsmerný kanál

Zdieľaný obojsmerný kanál je rozšírením obojsmerných kanálov. Zdieľaný kanál môže byť použitý v prípade, kde jeden ANT uzol musí prijímať procesy alebo dáta z viacerých uzlov. V tomto prípade viacero uzlov zdieľa jeden nezávislý kanál určený pre komunikáciu s centrálnym uzlom.

### 2.4.3 Kanál len na vysielanie/príjem

Kanál určený len na vysielanie/príjem umožňuje odosielať dáta len v smere vpred. Inými slovami master môže dáta len vysielat' a žiadne neprijíma, slave dáta len prijíma a nič nevysiela. Tento typ kanálu používa iba broadcastové dáta (popísané v kapitole 2.5) a nesmie byť použitý, ak aplikácia vyžaduje nejakú formu potvrdenia alebo uznania o úspešnom prijatí dát. Kanál len na vysielanie/príjem existuje ako podpora starších verzií a neodporúča jeho všeobecné použitie. Kanály len na vysielanie/príjem sú odporúčané pre diagnostické aplikácie používajúce kontinuálny režim skenovania.

### 2.4.4 Kanál rozšírenia úloh

Možnosti rozšírenia úloh sprístupňujú rôzne funkcie ANT. V súčasnosti sú to funkcie zmeny frekvencie a skenovanie kanála na pozadí. Avšak rozšírenie úloh nie je k dispozícii na všetkých ANT zariadeniach.

### 2.4.5 ID kanála

Obsahuje najzákladnejší popis kanála a má zásadný význam pri párovaní zariadení. Pri vytváraní kanálu ANT musí hosťiteľ zadať svoje ID kanálu (ak sa jedná o master), alebo ID kanálu, ktorý si želá vyhľadať (ak je slave). Je to 4-bytová hodnota pozostávajúca z 3 polí: druh prenosu, typ zariadenia (vrátane párovacieho bitu) a číslo zariadenia. Tieto tri polia sú užívateľsky definované, či už pre súkromné, ale aj verejné použitie. Číslo zariadenia typicky reprezentuje triedu (prípadne číslo) zariadenia master. Pre konkrétne zariadenia master je to jedinečné číslo. Druh prenosu je číslo

predstavujúce rôzne prenosové charakteristiky zariadení, ktoré môžu byť stanovené výrobcom alebo preddefinované v ANT+ správou sietí. Iba zariadenia s príslušnými ID kanálov môžu vzájomne komunikovať. ID kanála predstavuje typ/číslo zariadenia a druh prenosu master zariadenia a musia byť v ňom uvedené. Na slave zariadení tieto polia nastaví master zariadenie, s ktorým komunikuje. Môžu byť nastavené tak, aby zodpovedali konkrétnemu master zariadeniu alebo ktorékoľvek prípadne aj všetky tieto polia môžu byť nastavené na nulu, čo predstavuje hodnotu wildcard. V tom prípade by zariadenie slave vyhľadávalo master podľa ostatných vyhovujúcich parametrov (sieťový kľúč, frekvencia) [1].

#### 2.4.6 Perióda kanála

Perióda kanála predstavuje základnú rýchlosť odosielania dátových paketov mastrom. Má nastaviteľný rozsah od 0,5 do 200 Hz v závislosti od konkrétnej implementácie. Je to 16-bitové pole s hodnotou určenou pomocou rovnice 2.1.

$$Peri\acute{o}da\_kan\acute{a}la = \frac{32768}{R\acute{y}chlosť\_odosielania\_spr\acute{a}v[Hz]} \quad (2.1)$$

Napríklad k získaniu rýchlosti odosielania správ 4 Hz musí byť perióda kanála nastavená na  $32768 / 4 = 8192$ . Aj prednastavená rýchlosť odosielania správ je 4 Hz. Odporúča sa túto hodnotu ponechať, vytvorí sa tým sieť s primeraným výkonom a dobrou odozvou.

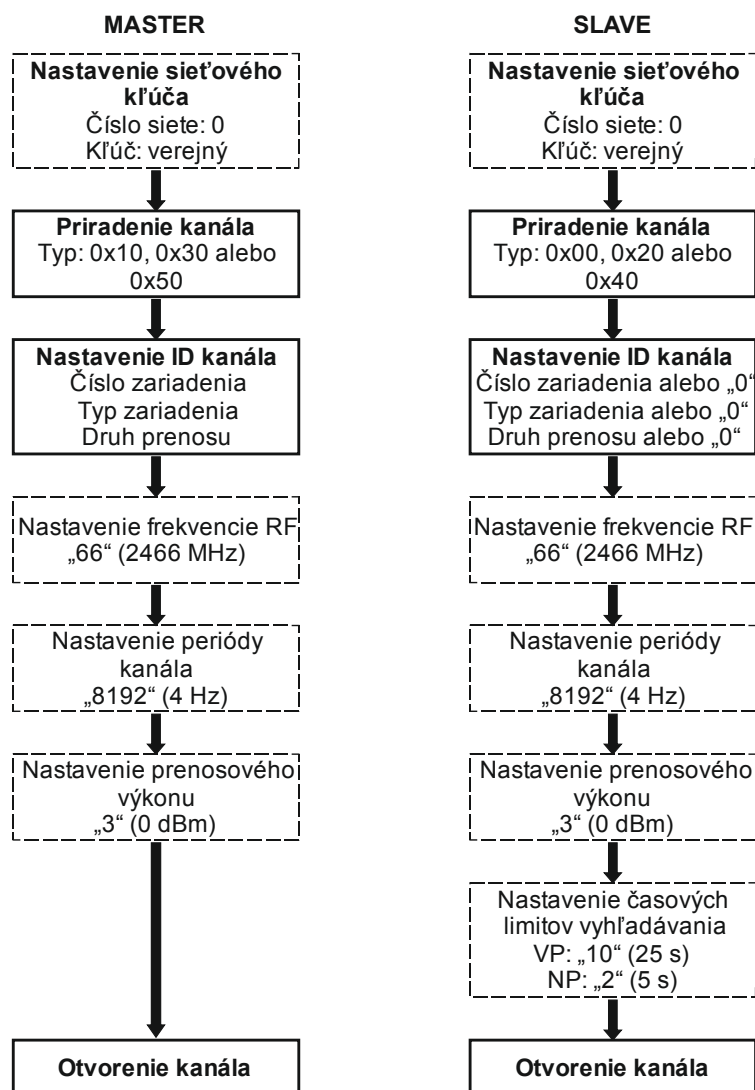
Maximum rýchlosti odosielania správ je závislé na výpočtových kapacitách systému. Vysoká rýchlosť odosielania správ v kombinácii s viacerými súčasne otvorenými kanálmi maximum výrazne limitujú. Pri stanovovaní periódy kanála je nutné vziať v úvahu:

- rýchlosť odosielania správ je priamo úmerná spotrebe energie
- krátka perióda kanála znamená vyššiu prenosovú rýchlosť
- krátka perióda kanála zjednodušuje vyhľadávanie zariadení

#### 2.4.7 Vytvorenie kanála

Predpokladom pre vytvorenie kanála je, že master aj slave majú všeobecné znalosti o jeho konfigurácii. Na obrázku 2.6 je názorná ilustrácia procesov potrebných na riadne zabezpečenie komunikácie medzi dvoma uzlami ANT. Určité parametre kanálu nemajú predvolenú hodnotu a musia byť nastavené aplikáciou, zatiaľ čo ostatné parametre majú predvolené nastavenia a vyžadujú zmenu iba v prípade nevyhovujúcej hodnoty.





Obrázok 2.6: Príklad vytvorenia kanálu

V predvolenej konfigurácii siete je verejný sieťový kľúč, priradený do siete číslo 0. Ak sa vyžaduje privátna alebo riadená sieť, zmena tohto parametra má prednosť pred nastavením ostatných parametrov kanála. V okamihu nastavenia sieťového kľúča budú všetky ostatné parametre kanálov vrátené na svoje predvolené hodnoty.

Po nastavení sieťového kľúča musí byť priradený typ kanálu ku kanálu, ktorý si želáme otvoriť. Napríklad, ak má byť master uzol priradený k jednému z vysielačích kanálov, uzol slave sa priradí k príslušnému prijímaciemu kanálu.

Ďalej musí byť nastavené ID kanála. Číslo, typ zariadenia a druh prenosu nastavuje uzol master. Slave môže nastaviť všetky, niektoré alebo žiadne z týchto polí, tak aby zodpovedali uzlu master v závislosti na aplikácii.

Posledným krokom je otvorenie kanálu. Na druhom konci začne slave okamžite vyhľadávať mastera zodpovedajúcich kanálových ID kritérií. V okamihu lokalizácie je vytvorené spojenie a slave začne prijímať dáta stanovenou rýchlosťou správ. Ak slave nenájde master počas limitu, tak kanál uzavrie. Master prenáša dáta pomocou kanála špeciálne uzatvoreného aplikáciou.

### 2.4.8 RF frekvencia

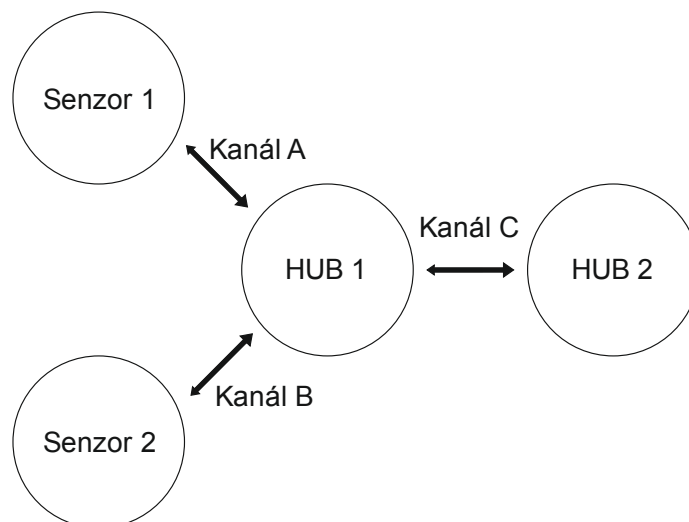
ANT technológia umožňuje použitie niektorého z dostupných 125 jedinečných RF operačných frekvencií. Pri pridelovaní frekvencií je dôležité skontrolovať súlad s medzinárodnými štandardami používania frekvencií. Kanál bude operovať na jedinej frekvencii po celú dobu jeho existencie, s výnimkou manuálnej zmeny kontrolnou aplikáciou. Frekvencia kanálu musí byť známa a dodržiavaná mastrom aj slave ešte pred vytvorením kanála. Po vytvorení kanála je možné frekvenciu RF meniť „za behu“ (ak je kanál otvorený), ale nová frekvencia musí byť stanovená na oboch uzloch. Uzol slave to však môže priviesť do režimu vyhľadávania a následnej nutnej opätovnej synchronizácie s mastrom.

$$\text{Hodnota\_frekvencie} = \frac{\text{Požadovaná\_frekvencia} - 2400\text{MHz}}{1\text{MHz}} \quad (2.2)$$

Frekvencia RF je 8-bitové pole s hodnotami v rozmedzí 0 až 124. Táto hodnota predstavuje posun krokom 1 MHz z 2400 MHz do 2524 MHz. Rovnicu 2.2 je možné použiť na stanovenie hodnoty pre RF frekvenčné pole. Je dôležité poznamenať, že nie je nutné používať rôzne RF frekvencie pre podporu viac koexistujúcich kanálov. Povaha TDMA systému ANT znamená veľké množstvo súčasne fungujúcich kanálov na jednej RF frekvencii. Povinnosťou všetkých vývojárov je zaistiť, že použité frekvencie budú v súlade s právnymi predpismi vo všetkých regiónoch sveta, v ktorých bude toto zariadenie použité.

### 2.4.9 Nezávislé kanály

Nezávislý kanál má len jeden master a jeden slave. Každý master alebo slave môže byť master alebo slave aj v komunikácii s inými uzlami. Príkladom siete, kde každý kanál má len jeden master a jeden slave môže byť sieť na obrázku 2.7.



Obrázok 2.7: Príklad siete s tromi nezávislými kanálmi

Hoci je samotná realizácia nezávislých kanálov veľmi jednoduchá, každý uzol môže obsluhovať súčasne len obmedzené množstvo nezávislých kanálov, ktoré je závislé na výpočtových schopnostiach uzla.

### 2.4.10 Šifrovanie kanála

Šifrovať je možné len nezávislý kanál a táto funkcia musí byť podporovaná oboma zariadeniami. Šifrované kanály sa využívajú predovšetkým v prípadoch, kedy je vyžadované zvýšené zabezpečenie, napr. vo zdravotníckych zariadeniach, pri odosielaní textových správ atď. V niektorých zariadeniach je šifrovanie priradené ku konkrétnym kanálom. V takom prípade šifrovanie zaobstaráva samotný protokol, čím sa zníži záťaž na aplikačnú vrstvu.

Po spárovaní začne slave s mastrom o šifrovaní vyjednávať. Úspech vyjednávania mu umožní dešifrovať dáta prijaté od mastra a šifrovať dáta do mastra odosielané. Ktorékoľvek iné zariadenie nepodporujúce šifrovanie, prípadne také, ktoré zlyhalo vo vyjednávaní by dátam nerozumelo.

## 2.5 Druhy dát v ANT

Existujú štyri druhy dát používaných v ANT: broadcast, acknowledged, burst a pokročilý burst. Všetky dáta sú odosielané v 8 bytových paketoch prostredníctvom RF kanála. Druh dát nie je parametrom pri konfigurácii kanála a obojsmerný kanál nemusí využívať len jeden druh dát. Inými slovami, ktorékoľvek z vymenovaných štyroch druhov dát môžu byť odoslané v smere vpred alebo vzad v stanovených časových slotoch kanála. Jediné obmedzenie platí pre jednosmerný kanál, ktorým možno odosielať len broadcastové dáta v smere vpred [2].

### 2.5.1 Broadcast dáta

Broadcast dáta sú najzákladnejším typom dát a sú stanovené systémom. Broadcast dáta sú odosielané z kanála master do slave počas každého časového slotu. Broadcast dáta sú odosielané zo slave do master vo smere vzad iba v prípade výslovnej žiadosti hostiteľského MCU slave. Master zariadenie vždy vysiela v smere vpred, v každom časovom slotu. Ako bolo uvedené vyššie, broadcast dáta sú stanovené systémovo. V prípade, že nie sú odoslané nové dáta je predchádzajúca správa nezávisle na tom či bola odoslaná ako broadcast alebo inak, odoslaná ako broadcast správa. Prijatie broadcast dát nie je nikdy potvrdzované, takže vysielač strana nikdy nezistí stratu. Broadcast dáta spotrebúvajú minimum šírky RF pásma a napájania systému. To je prednosťou komunikácie, kde je občasná strata dát povolená. Príkladom systému kde občasná strata dát nie je kritická, môže byť systém na zaznamenávanie teploty, kde sú zmeny teploty relatívne pomalé v porovnaní s rýchlosťou komunikačných správ.

### 2.5.2 Acknowledged dáta

Kedykoľvek je vytvorené obojsmerné spojenie, v smere vpred či vzad, môže zariadenie odoslať acknowledged dátový paket v ďalšom časovom slotu. Uzol, ktorý obdrží acknowledged dátový paket odpovie pôvodnému zariadeniu acknowledged správou späť. Radič pôvodného zariadenia bude tak oboznámený s úspechom či, neúspechom prenosu paketov. Neexistuje však automatický opätovný prenos unacknowledged dátových paketov. Master hostiteľskej aplikácie môže zaslať každý dátový paket ako acknowledged dáta alebo môže vhodne kombinovať broadcast a acknowledged dáta v závislosti na konkrétnej aplikácii. Pri rozhodovaní, ktorá z metód je vhodnejšia je dôležité vziať do úvahy:

- acknowledged dátové pakety používajú väčšiu šírku pásma a spotrebujú viac energie
- acknowledged dáta sú ideálne pre prenos riadiacich dát, zaisťujú že oba uzly sú v rovnakom stave

### 2.5.3 Burst dáta

Burst prenos dát poskytuje mechanizmus pre prenos veľkého množstva dát odosielaných medzi zariadeniami. Burst prenos pozostáva z radu rýchlych sérií potvrdzovaných dátových správ. Rýchlosť akou sú odosielané nie je závislá na perióde kanálu, je od nej výrazne rýchlejšia. Výsledkom toho je maximálna dátová priepustnosť 20 kb/s. Znamená to tiež, že burst pakety sú synchronizované navzájom, nie pomocou kanálovej periódy.

Tak ako v prípade potvrdzovaných správ aj pri burst je hostiteľské MCU informované o úspechu či neúspechu doručenia. Avšak oznámenie o (ne)úspechu sa často vzťahuje na celý prenos a nie jednotlivý paket a na rozdiel od potvrdzovaných správ sú všetky stratené dátové pakety prenesené znovu. Ak niektorý paket nepodariť odoslať úspešne počas piatich pokusov, ANT zamietne burst prenos a oznámi hostiteľskej MCU neúspech prenosu.

Pri odosielaní jediného paketu burst, je tento identický s potvrdzovacou správou a neexistujú žiadne možnosti opätovného odoslania jediného burst paketu. Neexistujú žiadne limity trvania prenosu paketov burst. Prenosy burst majú prednosť pred ostatnou ľubovoľnou komunikáciou prebiehajúcou medzi oboma zúčastnenými uzlami. Ak sú v systéme ďalšie kanály, je potrebné dbať, na rozumné používanie frekvencií. Hoci je protokol ANT robustný a zvládne výpadky spôsobené prenosmi burst alebo inými zásahmi zvonku, môže nadmerné zaťaženie kanálu viesť k strate synchronizácie alebo dát. Príkladom toho môže byť:

Počas predĺženého prenosu burst, kde sa pakety synchronizujú navzájom, by mohla chyba hodín viesť k posunutiu periódy kanálu. Po skončení prenosu burst by potenciálne mohla nastať strata synchronizácie a uzol slave by musel začať znova vyhľadávať uzol master.

Ďalší extrémny príklad tohto by bolo, keby master uzol obsluhoval predĺžený burst na inom kanáli. Ak by burst trval príliš dlho, mohol by slave uzol stratiť synchronizáciu a musel by opäť začať vyhľadávať. Burst môže dokonca vytvárať rušenie iných zariadení využívajúcich rovnakú RF frekvenciu [5].

### 2.5.4 Pokročilé burst dáta

Niektoré ANT zariadenia podporujú pokročilý burst prenos, ktorý zvyšuje maximálnu prenosovú rýchlosť na 60 kb/s. Toho je dosiahnuté prenosom v burstoch o veľkosti 24 bytov a viac. Pre prenosy menšieho množstva dát je však odporúčané použiť štandardný prenos burst dát [2].

## 2.6 Sieť

ANT umožňuje vytvorenie množstva unikátnych verejných, riadených a privátnych sietí. Jednotlivé siete môžu určiť sadu prevádzkových pravidiel pre všetky pripojené uzly. Aby mohli dve zariadenia spolu komunikovať, musia byť členmi tej istej siete. To poskytuje možnosť vytvoriť sieť, ktorá môže byť verejne dostupná, alebo zámerne rozdelená medzi viacerých dodávateľov s cieľom zriadenia „otvoreného“ systému interoperabilných zariadení.

Riadená sieť definuje pravidlá a špecifikuje správanie, ktorými riadi jej používanie. Spoločnosti zaručujúce sa ANT+ sľubom interoperability sú členmi ANT+ Aliancie, špeciálnej záujmovej skupiny, podporujúcej hodnoty značky a partnerstvá s inými vrcholnými výrobcami. Kľúčovou výhodou je interoperabilita s ostatnými ANT+ zariadeniami. Cieľové aplikácie zahŕňajú všetky bezdrôtové senzory sledujúce šport alebo fitness [8].

ANT + má profily zariadení špecifikujúce formáty dát, parametre kanálov a sieťové kľúče. Príklady ANT+ profilov zariadení:

- Monitorovanie tepu srdca
- Meranie vzdialenosti a rýchlosti
- Meranie rýchlosti a kadencie na bicykli
- Meranie výkonu na bicykli
- Váha (napríklad sledovanie BMI a percenta telesného tuku)
- Snímač dát z fitness zariadení
- Snímač teploty

Naopak privátne siete zaručujú súkromie a prístup len určeným zariadeniam ANT. Kanály môžu byť nezávisle na sebe priradené k rôznym sieťam tak, že je možné, aby sa jedno ANT zariadenie stalo členom viacerých sietí.

### 2.6.1 Číslo siete

Číslo siete je 8-bitové pole identifikujúce zariadeniu ANT dostupné siete. Číslo siete môže byť ľubovoľné číslo z rozsahu od 0 až do maxima stanoveného samotnou implementáciou ANT. Hostiteľ môže zistiť číslo siete zaslaním príslušného požiadavku do systému ANT. Predvolene nastavené číslo siete je 0, reprezentujúce verejnú sieť.

### 2.6.2 Sieťový kľúč

Sieťový kľúč je 8-bytové číslo jednoznačne identifikujúce sieť poskytujúce istú mieru zabezpečenia a riadenia prístupu do siete. Sieťový kľúč je konfigurovateľný pomocou hostiteľskej aplikácie a rôznym číslam sietí prislúchajú iné sieťové kľúče. Len kanály s identicky zhodnými sieťovými kľúčmi môžu navzájom komunikovať. Aj samotné ANT akceptuje len platné kľúče. Takže ak by bol odoslaný príkaz Nastav sieťový kľúč (0x46) s nesprávnym sieťovým kľúčom, pôvodný ostane nezmenený a zachová si hodnoty.

Číslo siete a sieťový kľúč spoločne poskytujú možnosť vytvoriť sieť s rôznymi úrovňami riadenia prístupu a možnosťami zabezpečenia. V pôvodnom nastavení ANT firmware priradí číslo siete 0 a nastaví verejný sieťový kľúč. Takáto sieť je otvorená pre všetky zariadenia a nemá stanovené žiadne pravidlá riadiace jej použitie [1].

## 2.7 Párovanie zariadení

Akt párovania dvoch zariadení (master so slave) zahŕňa vytvorenie spojenia medzi dvoma uzlami, ktoré chcú navzájom komunikovať. Tento vzťah môže byť trvalý, čiastočne trvalý alebo dočasný.

Proces párovania pozostáva z nadobudnutia jedinečného ID kanálu slave z master zariadenia. Ak je vyžadované trvalé spárovanie, slave uloží svoje ID do neprepisovateľnej pamäte mastra. Toto ID bude potom použité pri vytváraní všetkých ďalších spojení. V čiastočne trvalom vzťahu párovanie vydrží počas doby zachovania kanálu. Ako náhle vyprší časový limit, dôjde k strate párovania. Pri dočasnom spojení trvá spárovanie len po dobu prenosu nejakých dát.

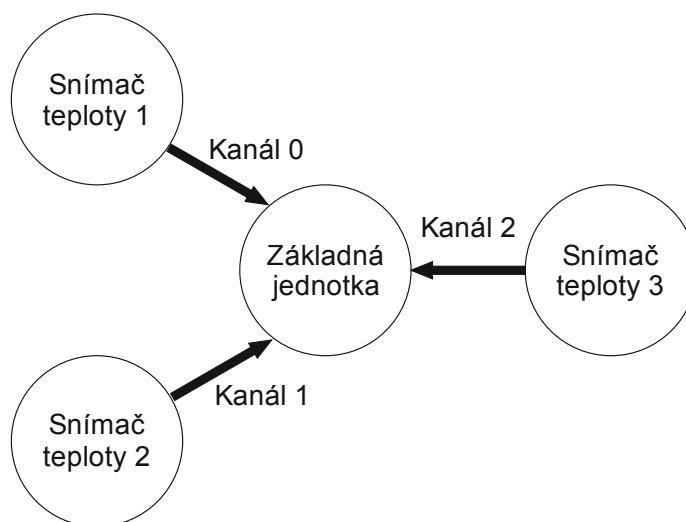
Ako bolo už spomenuté, keď je kanál master zariadenia otvorený, začne automaticky vysielat správy. Unikátne ID kanálu je odoslané v každej správe. Ak otvorí kanál zariadenie slave, začne okamžite vyhľadávať mastra zhodného s ID kanálu poskytnutého z hostiteľského MCU slave. V prípadoch kedy slave nemá znalosti o konkrétnom mastrovi podľa ID kanálu, je k dispozícii mechanizmus párovania. Slave môže vyhľadávať mastera pomocou ID divokej karty (hodnota '0 '),

v niektorých alebo všetkých poliach ID kanála. Slave potom vyhľadáva podľa kritérií, ktoré pozná. Napríklad, slave môže poznať typ zariadenia ku ktorému sa želá pripojiť, ale už nie aktuálne číslo zariadenia a druh prenosu. Hostiteľská aplikácia v slave by potom stanovila ID kanálu so známym typom zariadenia a umiestnila znak 0 do zvyšných polí. Pri otváraní kanálu teda vyhľadá všetkých mastrov konkrétného typu zariadenia a ľubovoľného typu zariadenia či druhu prenosu. Po úspešnom nájdení môže byť konkrétne ID uložené a použité, tak ako je popísané vyššie, pre všetky budúce komunikácie.

Párovací bit, čo je najvýznamnejší bit v poli typu zariadenia, je súčasťou pokročilého párovania. Na strane slave ANT len kontroluje, či jedno z posledných polí ID kanálu je wild card. Na hlavnej mastera musí byť párovací bit nastavený tak, aby indikoval, že je k dispozícii na párovanie [6].

### 2.7.1 Príklad párovania

Príklad procesu párovania na sieti zloženej z troch snímačov teploty (master) a jednej základnej jednotky (slave).



Obrázok 2.8: Príklad siete použitej pri párovaní zariadení

Základná jednotka chce nadviazať trvalý vzťah so všetkými snímačmi teploty. Pred zahájením párovania je nevyhnutné, aby všetky snímače teploty boli nastavené na režim párovania. Z pohľadu užívateľa je prenechané na aplikácii definovanie vstupnej metódy do módu párovania. Príkladom tohto môže byť prvé vloženie batérie, stlačenie tlačidla užívateľom, atď. Čo sa týka sériového rozhrania správ, hostiteľský radič vyvolá režim párovania zaslaním nasledujúcich správ:

1. Konfigurácia kanála
2. Nastavenie ID kanála
3. Otvorenie Tx kanála
4. Zahájenie prenosu dát v časových slotoch kanálu

V tom čase musí byť základná jednotka pripravená vyhľadávať ID príslušného typu zariadenia (snímač teploty). Vykonáva nasledovné:

1. Konfigurácia kanála
2. Nastavenie ID kanála (druh prenosu = špecifický alebo wild card, typ zariadenia = snímač teploty s nastaveným párovacím bitom, číslo zariadenia = wild card)
3. Otvorenie Rx kanála
4. Začiatok vyhľadávania

Základná jednotka nájde snímače teploty s nastaveným párovacím bitom. Kanál je vytvorený a ANT engine slave zariadenia odovzdá ID kanálu konkrétneho zariadenia hostiteľskému radiču, ktorý ID uloží pre budúce spojenia. Tento postup sa zopakuje pre všetky tri teplotné snímače.

Každý snímač teploty sa môže stať po vypršaní času neodhaliteľným, a tým pádom pre ostatné zariadenia slave v budúcnosti neviditeľným.

Ak vytvárame trvalý vzťah medzi dvoma konkrétnymi zariadeniami, je tento proces párovania vyžadovaný len raz po celú dobu životnosti systému ANT. V takýchto prípadoch môžu byť zariadenia spárované už počas procesu výroby.

### 2.7.2 Zoznam povolených/zakázaných

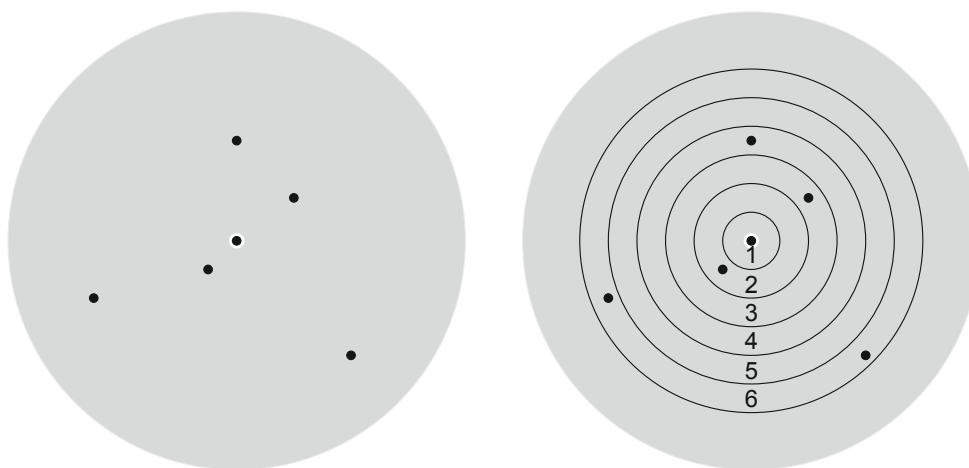
Jedna z funkcií párovania dostupná na niektorých zariadeniach. Pre každý kanál dostupný na zariadení môžu byť až 4 ID uložené v zozname povolených/zakázaných zariadení.

Len ID kanálu nakonfigurované v zozname povolených budú ako jediné akceptované pri vyhľadávaní wild card. To znamená, že slave sa pripojí len k jednému z konkrétnych ID kanálov mastrov (v prípade wild card zhodnému ID, ktoré nájde). Podobne v prípade použitia zoznamu zakázaných, kde slave nevytvorí spojenie so žiadnym mastrom s ID kanálu zo zoznamu.

Nie všetky ANT zariadenia podporujú zoznam povolených/zakázaných. Existujú zariadenia, ktoré vyžadujú vo všetkých poliach definované nenulové hodnoty, zatiaľ čo ostatné podporujú hodnoty wild card v jednom, prípadne vo viacerých poliach [2].

### 2.7.3 Vzdialenosť vyhľadávania

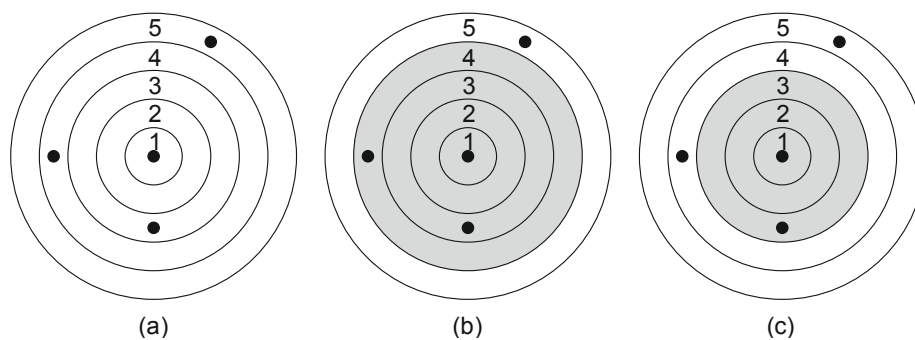
Ďalším prvkom pomáhajúcim pri párovaní je vzdialenosť vyhľadávania, ktorá povoľuje kanály podľa relatívnej vzdialenosti medzi dvoma zariadeniami. V štandardnom vyhľadávaní ANT, popísanom v predchádzajúcich sekciách, ak je otvorený kanál zariadenie slave začne vyhľadávať mastra so zhodným ID kanálu. Ak je nejaká časť ID kanálu priradená wild card, potom môže slave potenciálne odpovedať na jedného z množstva mastrov v dosahu. Napríklad, ak slave špecifikuje ID zariadenia, ktoré hľadá (povedzme merač tepu), ale vo všetkých ostatných poliach umiestni wild card a v dosahu bude 5 meračov tepu (obr. 2.8, šedé tieňovanie ukazuje dosah slave), po otvorení kanálu môže vytvoriť pár s ktorýmkoľvek z nich v závislosti na tom, ktorý vyhľadá ako prvý [7].



Obrázok 2.9: Štandardné vyhľadávanie a vyhľadávanie pomocou hladín

Vzdialenosť vyhľadávania určuje okruhy vyhľadávania od 1 (najbližší) do 10 (najvzdialenejší) ako je znázornené na obrázku 2.8 vpravo. Vzďialenosť a dosah jednotlivých okruhov nie je určená a je teda závislá na návrhu vývojára.

Odporúča sa použiť ako počiatočnú oblasť vyhľadávania oblasť 1 (obrázok 2.9 a), čím sa zamedzí možnosti nájdenia nesprávneho zariadenia. Nastavenie príliš veľkej oblasti by mohlo vo výsledku znamenať pripojenie k jednému z viacerých zariadení (obrázok 2.9 b). Vhodná voľba okrajov vyhľadávania je kritická pre limitovanie vyhľadávania a dosiahnutie požadovaného zariadenia (obrázok 2.9 c).



Obrázok 2.10: Rôzne hladiny vyhľadávania



## 3 Praktická časť

### 3.1 ANT USB Stick

Poskytuje rýchle a jednoduché riešenie problému pripojenia počítača s Windows alebo Mac k ANT sieťam. Môže slúžiť aj ako prístupová brána do siete internet. Jedná sa o druhú generáciu využívajúcu jednočipové riešenie spoločnosti Nordic Semiconductor poskytujúce kompletne prenosové operácie s ôsmymi nezávislými kanálmi.

Ponuka ANT je podporovaná sadou ovládačov Windows PC a MAC OS. Softwarové knižnice poskytujú rozhranie aplikačnej vrstvy funkciám ANT. Príslušný software od Dynastream výrazne znižuje čas potrebný k pripojeniu počítača k snímačom siete ANT.

Prácou vo voľnom pásme ISM 2,4 GHz spĺňa ANT USB Stick medzinárodné regulačné štandardy rádiových frekvencií. Môže byť teda predávaný a používaný v severnej Amerike, Európe a Ázii bez nutnosti ďalšej modifikácie [3].



Obrázok 3.1: ANT USB Stick

Tabuľka 3.1: Prehľad parametrov ANT USB Stick

<b>Rozmery</b>	61 x 18 x 8,6 mm
<b>Hmotnosť</b>	8,5 g
<b>USB konektor</b>	Typ A
<b>Skladovacia teplota</b>	-40 až 70°C
<b>Prevádzková teplota</b>	-15 až 70°C
<b>Zdroj napájania</b>	PC USB rozhranie (nominálne napätie 5V)
<b>Prevádzkové napätie</b>	4,75 až 5,25 V
<b>Frekvenčné pásmo</b>	2403 - 2480 MHz
<b>Špičkový výkon TX</b>	Maximálny výstupný výkon 4 dBm
<b>Priemerné EIRP</b>	-3 dBm +/- 4 dBm
<b>Zisk antény</b>	0 - 2 dBi
<b>Komunikačný dosah</b>	Typicky 5 - 10 m

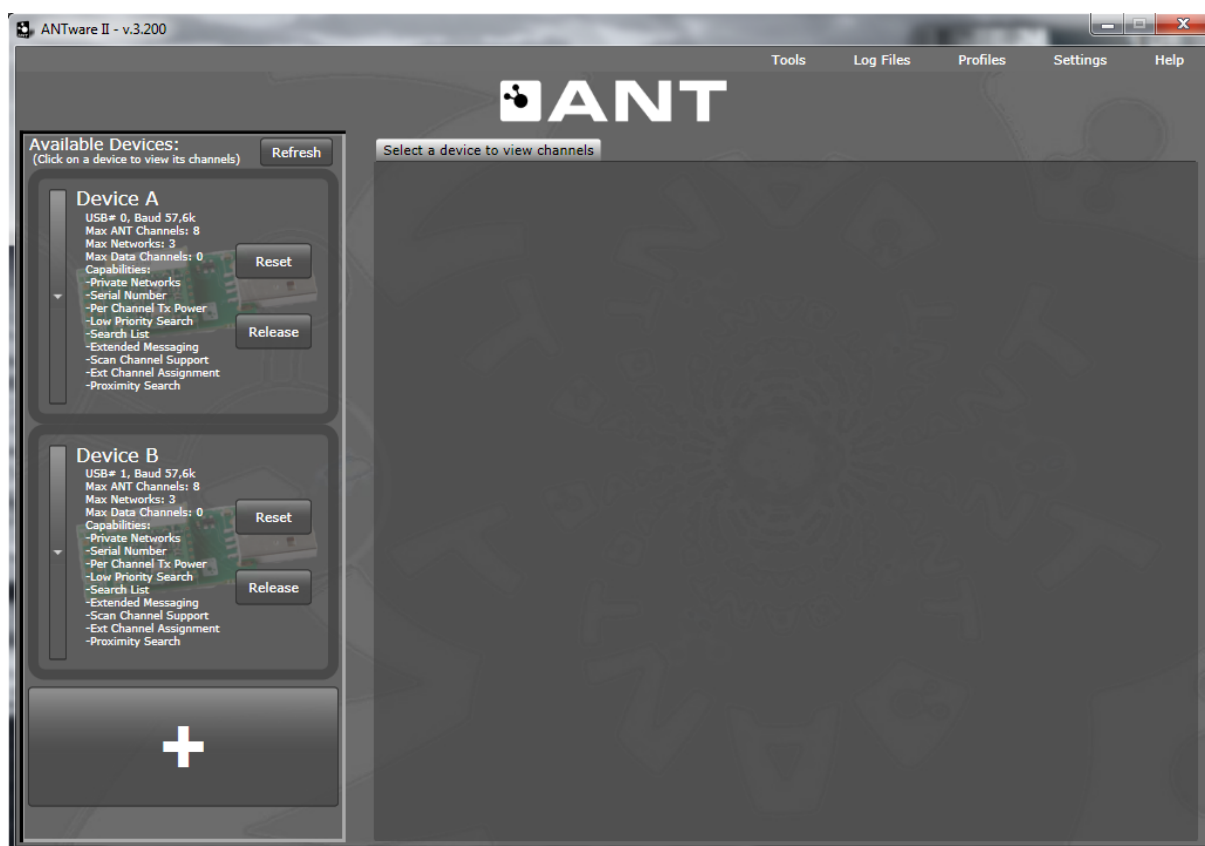
## 3.2 ANTware II

### 3.2.1 Úvod

ANTware je voľne dostupná aplikácia používaná k ovládaniu bezdrôtových zariadení ANT. Je to vynikajúci nástroj pre začínajúcich vývojárov odhaľujúci schopnosti ANT ako energeticky nenáročného protokolu, prípadne môže slúžiť aj skúsenejším užívateľom k zostaveniu a monitorovaniu pokročilých sietí ANT. V porovnaní s predchádzajúcou verziou ponúka ANTware II nové rozhranie, zjednodušenie starých a rad nových funkcií [4].

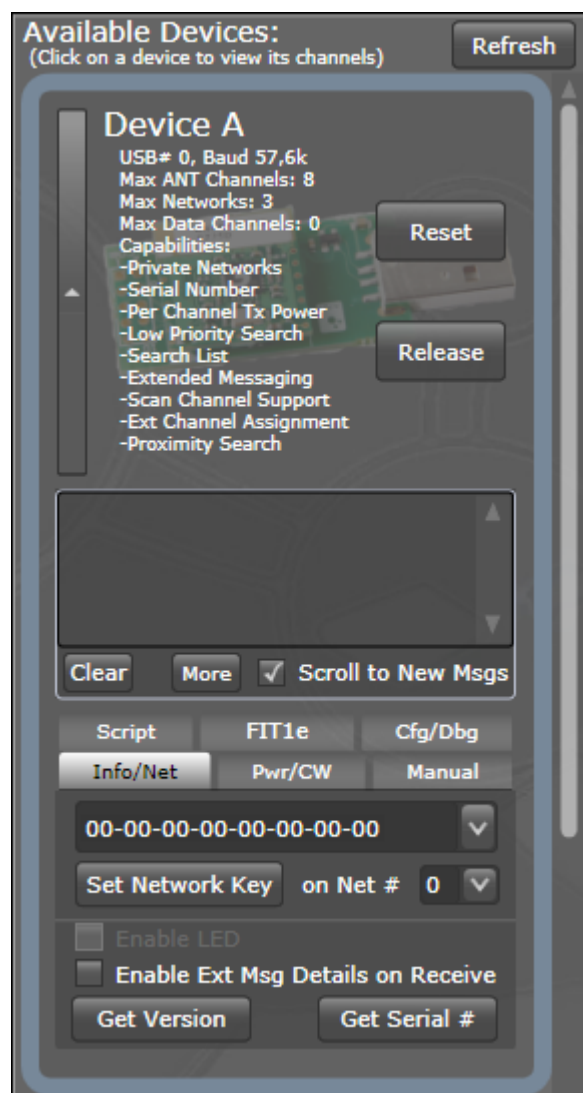
### 3.2.2 Menu a ovládanie

Po spustení aplikácie sa zobrazí úvodné okno (Obrázok 3.2). Obsahuje vľavo umiestnený panel zariadení pripojených k počítaču pripravených na použitie. Kliknutím na ľubovoľnú plochu zvoleného zariadenia s výnimkou tlačidiel, sa zobrazí menu konfigurácie jednotlivých kanálov (obrázok 3.4).



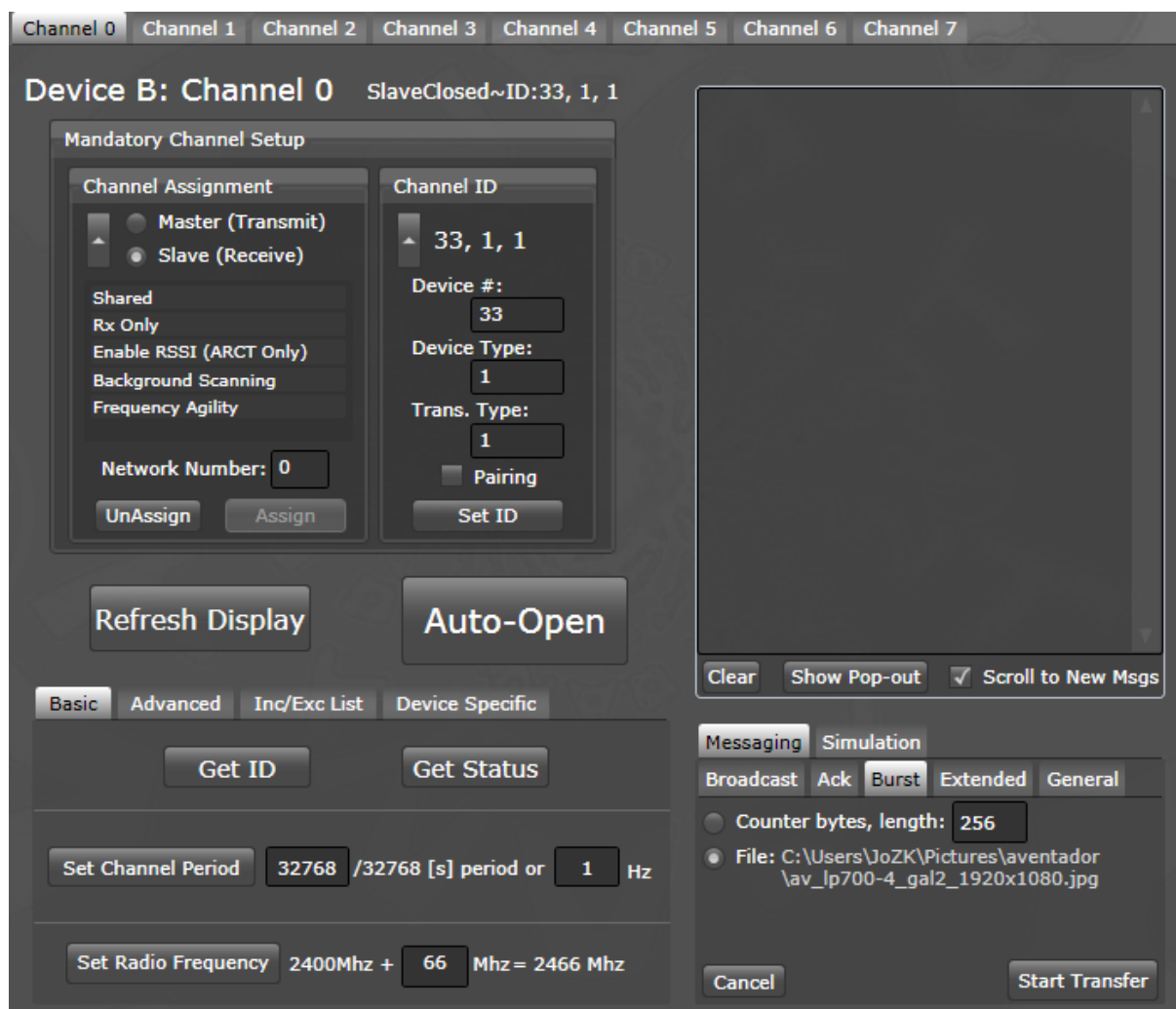
Obrázok 3.2: Úvodné okno ANTware II

Stlačením tlačidla Reset dôjde k navráteniu niektorých nastaviteľných parametrov na predvolené hodnoty. Tlačidlo Release slúži k odpojeniu zariadenia od počítača. Tlačidlo s trojuholníkom (šípkou) umožňuje zobraziť/skryť rozšírené možnosti nastavenia zariadenia (Obrázok 3.3). Konkrétne sa jedná o nastavenie sieťového kľúča a priradenie ku zvolenej sieti, nastavenie prenosového výkonu, prípadne možnosť výpisu verzie a sériového čísla zariadenia. Všetky vykonané zmeny sa zobrazia na displeji.



Obrázok 3.3: Rozšírená ponuka nastavení zariadenia

Menu konfigurácie umožňuje spravovať súčasne až 8 navzájom nezávislých kanálov. Je možné vybrať, či pre zvolený kanál bude zariadenie slúžiť ako master alebo slave, nastaviť číslo siete, ID kanála a povoliť alebo zakázať možnosť párovania. Tlačidlo Basic obsahuje stanovenie periódy kanála, resp. frekvencie akou budú vysielané alebo prijímané broadcastové dáta, rádiovú frekvenciu kanála, výpis aktuálneho stavu zariadenia a ID kanála. V Advanced sa spúšťa skenovací režim, určuje sa doba, počas ktorej slave musí vyhľadať mastera a doba, po ktorej musí slave začať nové vyhľadávanie, ak od aktuálneho mastera nedostane žiadne dáta. Tretie tlačidlo patrí zoznamu povolených/zakázaných zariadení a štvrté špecifickým nastaveniam, ako vzdialenosť vyhľadávania a zmena frekvencie.



Obrázok 3.4: Menu konfigurácie jednotlivých kanálov

### 3.2.3 Vytvorenie siete

Prvým krokom k vytvoreniu vlastnej siete je nakonfigurovanie master zariadenia. Pri vytváraní najjednoduchšej siete zloženej z dvoch uzlov, kde jeden slúži ako vysielač a druhý ako prijímač stačia aj prednastavené hodnoty zariadení. Za účelom lepšej orientácie v komunikácii medzi zariadeniami som v meraniach používal väčšiu periódu kanála. Po kliknutí na Auto-Open zariadenie vykoná všetky požadované zmeny a potom začne stanovenou periódou vysielať broadcastové dáta (Obrázok 3.5) [4].

```

Auto-Open Initiated...
> Setting Channel ID...
Channel Id Set: 50,2,2
> Setting Radio Frequency...
Set freq to 2450Mhz
> Opening Channel...
EVENT_TX_0x03
00-00-00-00-00-00-AD
:: 40, 00-01-03
EVENT_TX_0x03
00-00-00-00-00-00-AE
:: 40, 00-01-03
EVENT_TX_0x03
00-00-00-00-00-00-AF
:: 40, 00-01-03
EVENT_TX_0x03
00-00-00-00-00-00-B0
:: 40, 00-01-03
EVENT_TX_0x03
00-00-00-00-00-00-B1
:: 40, 00-01-03
EVENT_TX_0x03
00-00-00-00-00-00-B2
:: 40, 00-01-03

```

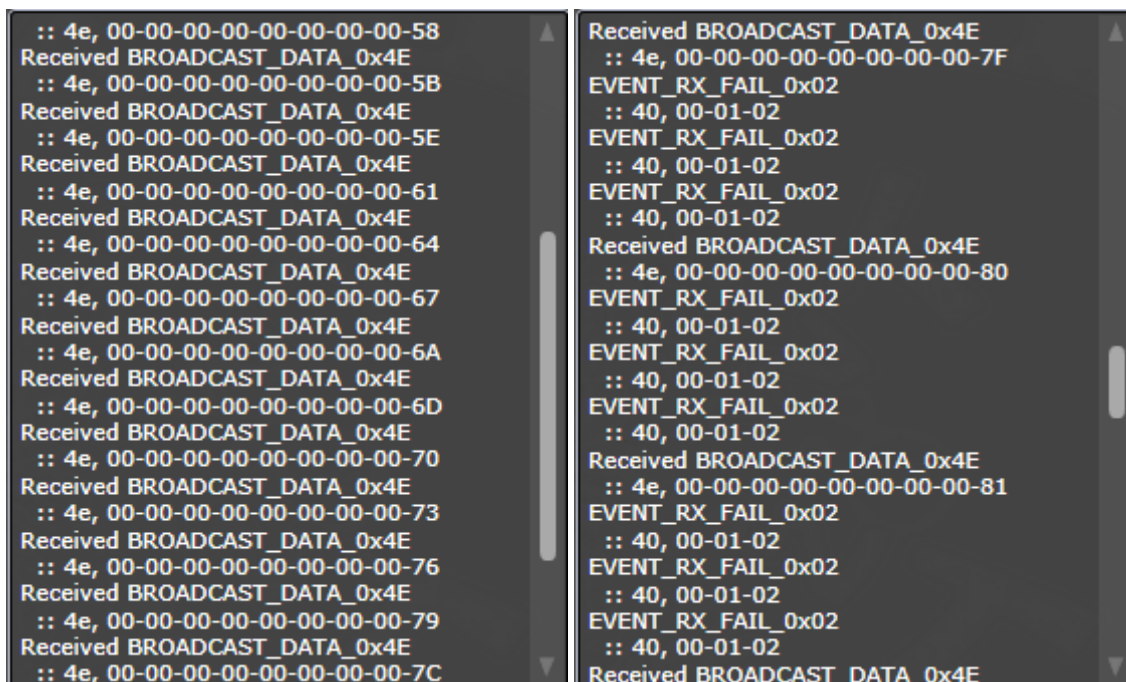
Obrázok 3.5: *Dáta odosielané z uzla master*

Potom je nutné nakonfigurovať aj slave. V prípade, že pri spúšťaní master uzla boli použité predvolené nastavenia je jediným parametrom vyžadujúcim zmenu prepnutie z master na slave. Ak bolo zmenené ID kanála alebo RF frekvencia je nutné tieto zmeny spraviť aj na slave, inak mastra nikdy nenájde. Pri neznalosti ID kanála master zariadenia je možné použiť aj nulové hodnoty, čím by sa však bolo možné pripojiť aj k iným zariadeniam ANT v dosahu. Po kliknutí na Auto-Open opäť zariadenie vykoná potrebné zmeny a začne vyhľadávať mastera. Ak nejakého mastra zodpovedajúceho ID kanála nájde, nadviaže spojenie a začne prijímať dáta (Obrázok 3.6 vľavo). Inak po vypršaní časového limitu kanál uzavrie (Obrázok 3.6 vpravo).

Left Panel (Slave)	Right Panel (Master)
<pre> Auto-Open Initiated... &gt; Setting Channel ID... Channel Id Set: 50,2,0 &gt; Setting Radio Frequency... Set freq to 2450Mhz &gt; Opening Channel... Received BROADCAST_DATA_0x4E :: 4e, 00-00-00-00-00-00-00-FB Received BROADCAST_DATA_0x4E :: 4e, 00-00-00-00-00-00-00-FC Received BROADCAST_DATA_0x4E :: 4e, 00-00-00-00-00-00-00-FD Received BROADCAST_DATA_0x4E :: 4e, 00-00-00-00-00-00-00-FE Received BROADCAST_DATA_0x4E :: 4e, 00-00-00-00-00-00-00-FF Received BROADCAST_DATA_0x4E :: 4e, 00-00-00-00-00-00-00-00 Received BROADCAST_DATA_0x4E :: 4e, 00-00-00-00-00-00-00-01 Received BROADCAST_DATA_0x4E :: 4e, 00-00-00-00-00-00-00-02 Received BROADCAST_DATA_0x4E :: 4e, 00-00-00-00-00-00-00-03 </pre>	<pre> Feedback display: Auto-Open Initiated... &gt; Assigning Channel... Assigned: BASE_Slave_Receive_0x00 on net &gt; Setting Channel ID... Channel Id Set: 33,1,1 &gt; Opening Channel... EVENT_RX_SEARCH_TIMEOUT_0x01 :: 40, 00-01-01 EVENT_CHANNEL_CLOSED_0x07 :: 40, 00-01-07 </pre>

Obrázok 3.6: *Otvorenie kanálu a vyhľadávanie mastera uzlom slave*

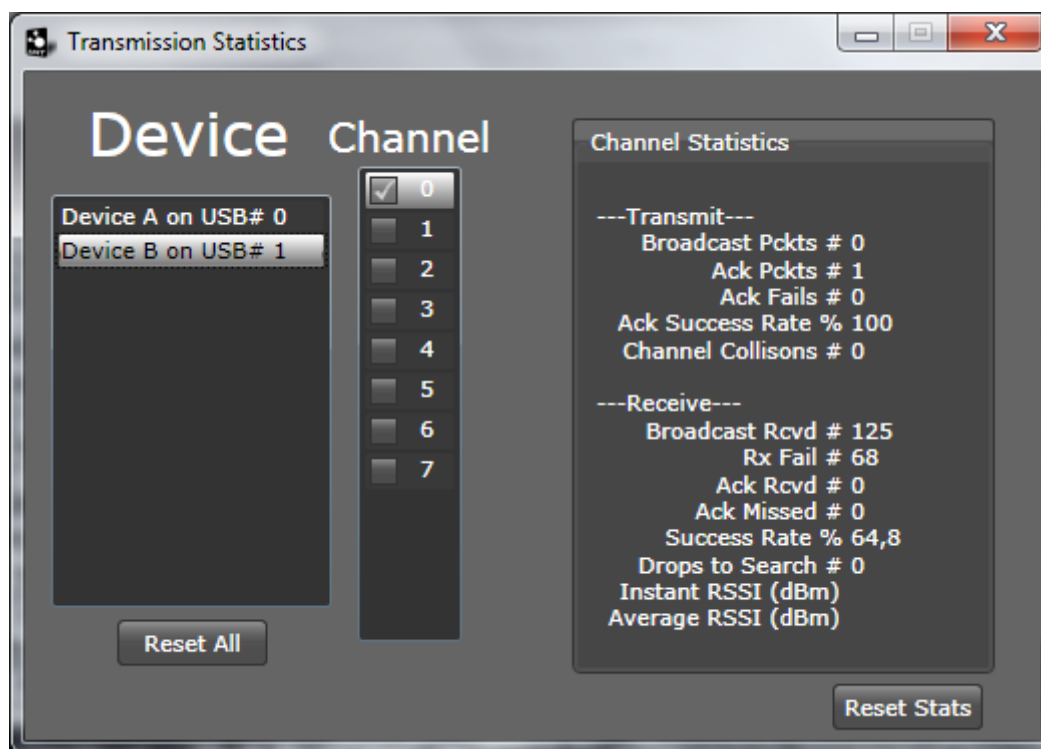
Nastavenie inej periódy kanála na slave ako na master nemá na výsledok vyhľadávania vplyv, avšak prejaví sa na výpise prijatých dát. Pri väčšej perióde kanála neprijíma všetky dáta (obrázok 3.7 vľavo), naopak pri menšej perióde očakáva viac dát prijatých (obrázok 3.7 vpravo).



Obrázok 3.7: Nesprávne nastavenie periódy kanála

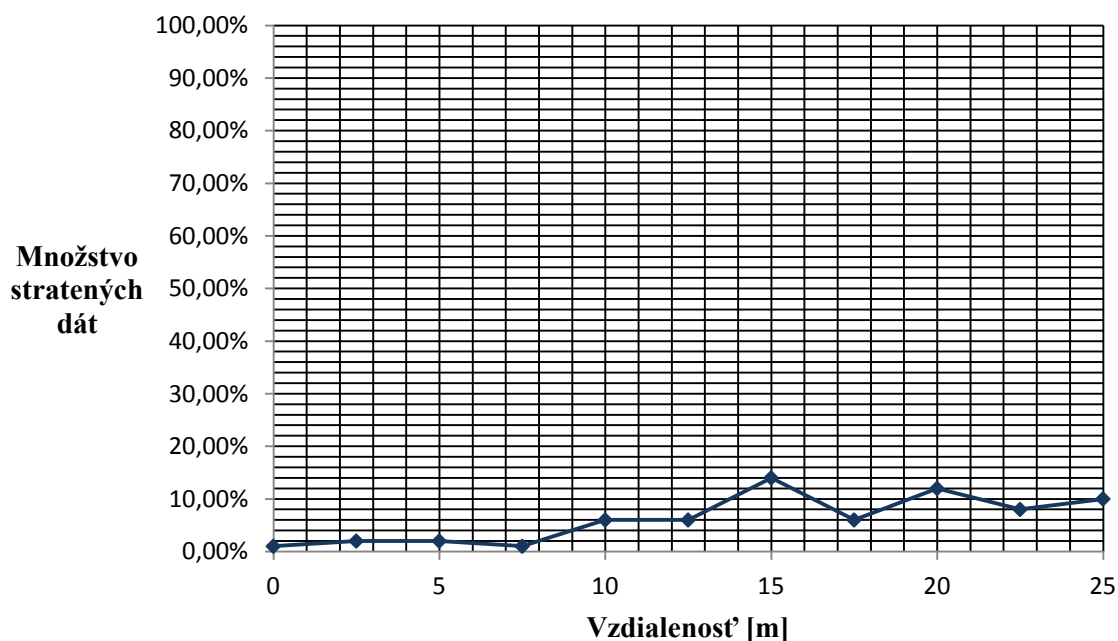
### 3.2.4 Meranie dosahu technológie ANT pri odosielaní broadcastových dát

V prvej časti merania som sa zaoberal dosahom technológie ANT pri odosielaní broadcastových dát a stratovosti v závislosti na vzdialenosti. Merat' prenosovú rýchlosť by v prípade prenosu broadcastových dát nebolo ani možné, pretože tá je závislá len na perióde kanála, resp. frekvencii, akou sú 8 bytové pakety odosielané. Snažil som sa čo najviac priblížiť reálnym podmienkam a tak som meracie pracovisko zostavil na rovnej ploche vo vonkajšom prostredí. Vzal som 12 tyčí a krokom 2,5 metra som ich zoradil do roviny (Príloha A). Na jeden koniec som umiestnil stojan a naň notebook s pripojeným ANT USB Stick a nainštalovaným ANTware II. Zariadenie som nakonfiguroval ako master. Druhý notebook s nakonfigurovaným slave som vzal do rúk a už spomínaným krokom 2,5 m som začal zvyšovať ich vzájomnú vzdialenosť. Množstvo stratených dát som zaznamenával pri každom kroku vždy po dobu jednej minúty. K tomu mi poslúžil štatistický nástroj dostupný v Tools -> Statistics (obrázok 3.8).



Obrázok 3.8: Štatistika úspešnosti prenosu dát

Všetky namerané údaje som zapísal do tabuľky (Príloha B) a na ich základe som zostrojil graf závislosti úspešnosti prenosu dát na vzdialenosti (Obrázok 3.9). Nakoľko sa mi nepodarilo dosiahnuť vo všetkých meraniach vzdialenosť 27,5 metra, stanovil som ako vzdialenosť pre spoľahlivý dosah pri odosielaní broadcastových a acknowledged dát 25 metrov. Z grafu je možné usúdiť, že s narastajúcou vzdialenosťou mala aj stratovosť stúpajúcu tendenciu, avšak v žiadnom bode nedosiahla hodnotu, kedy by mala na fungovanie technológie výraznejší vplyv.

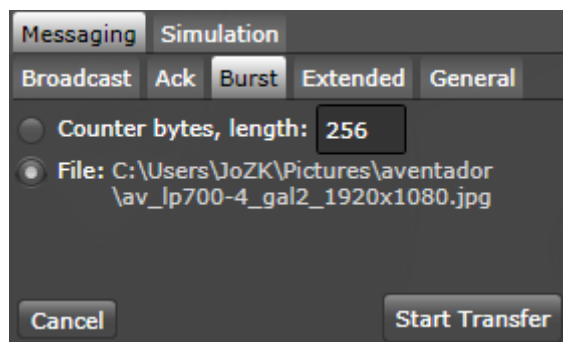


Obrázok 3.9: Graf závislosti stratovosti na vzdialenosti



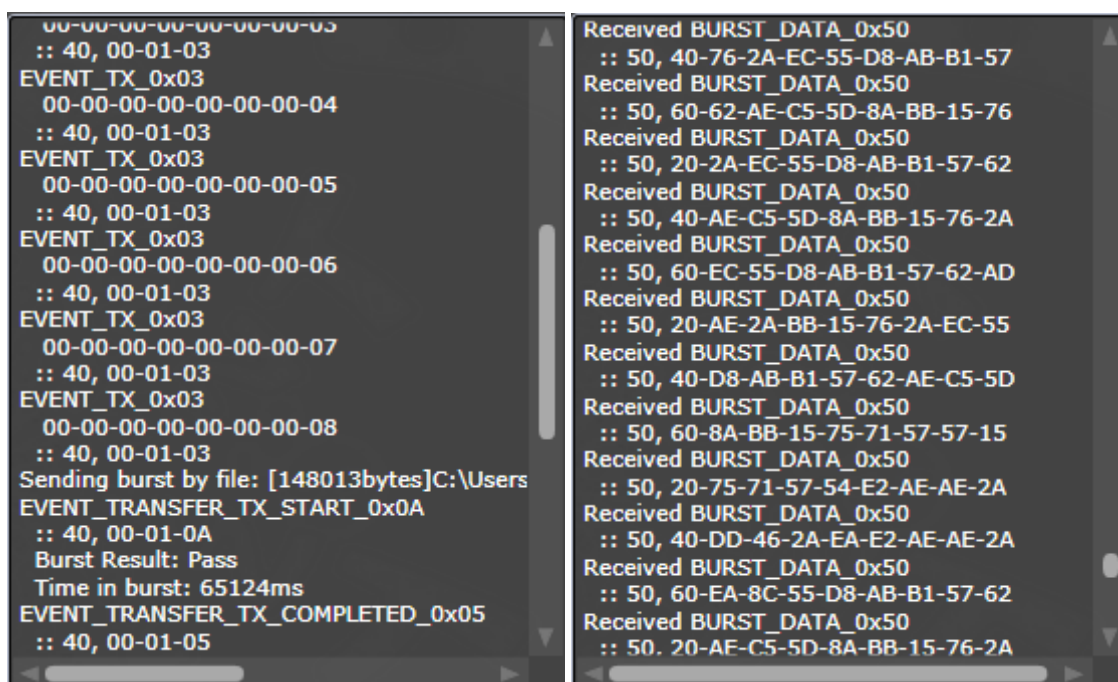
### 3.2.5 Dosah a prenosová rýchlosť pri odosielaní súboru pomocou burstových dát

Software ANTware II umožňuje aj odosielanie burstových prenosov dát, dokonca povoľuje aj prenosy ľubovoľných súborov v počítači (Obrázok 3.10). Keďže dáta prenášané pomocou burstu nie sú odosielané v stanovených periódach, je možné merať prenosovú rýchlosť. Na meranie som použil totožné pracovisko s tým z predchádzajúceho merania, jediným rozdielom bolo, že som zmenšil odstup medzi tyčami na 1 meter. Prenášal som obrázok vo formáte .jpg o veľkosti 148 013 bytov a do tabuľky 3.2 som zaznamenával čas potrebný k úspešnému prenosu.



Obrázok 3.10: Nastavenie cesty k súboru odosielaného pomocou burstových dát

Zaujímavé sú aj výpisy správ na jednotlivých zariadeniach. Na strane vysielateľa sa zobrazí len úvodná a konečná správa hlásiaca úspech, či neúspech prenosu spolu s dobou trvania (Obrázok 3.11 vľavo). Prijímač vypíše všetky prijaté burstové dáta, čo v prípade veľkých súborov znamená veľmi dlhý zoznam (Obrázok 3.11 vpravo).



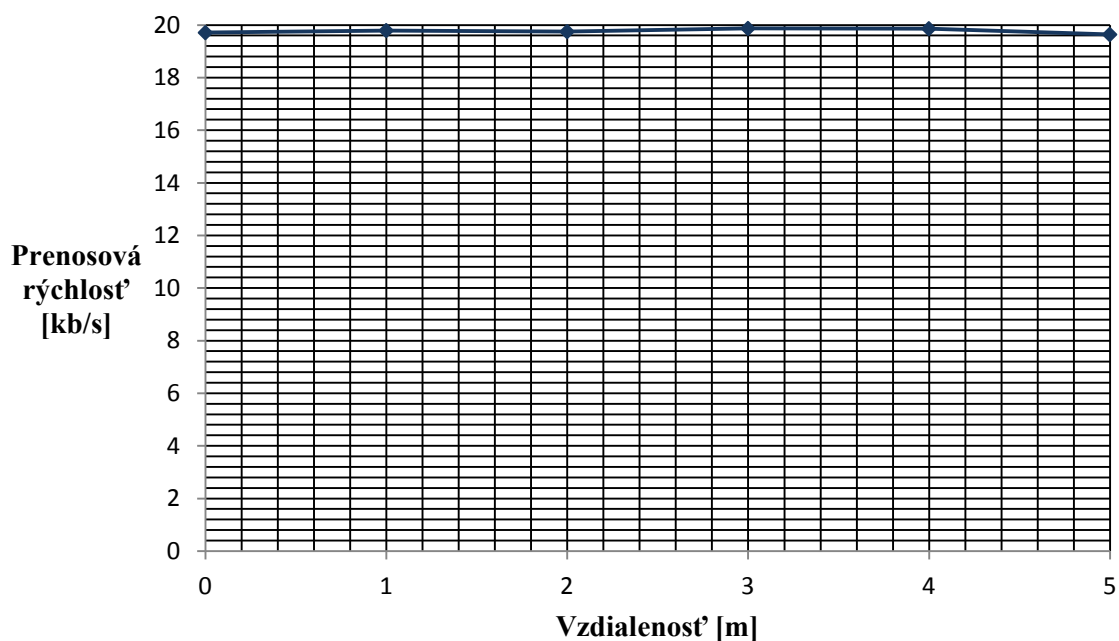
Obrázok 3.11: Prenos súboru pomocou burstových dát na strane vysielateľa a prijímateľa



Tabuľka 3.2: Tabuľka trvania prenosov zvoleného súboru

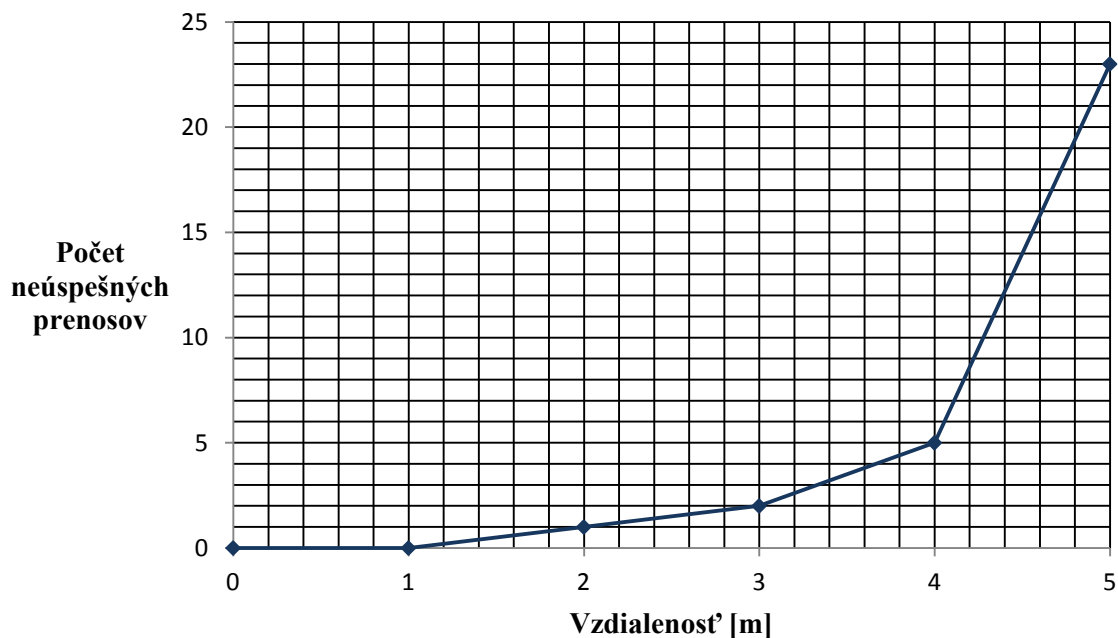
Vzdialenosť [m]	0	1	2	3	4	5
Číslo merania	Čas trvania prenosu [s]					
1.	57,927	58,223	58,975	58,494	58,515	59,827
2.	58,559	58,883	58,384	58,476	58,439	59,012
3.	57,869	58,480	57,931	58,625	57,934	58,433
4.	57,801	58,692	57,905	58,759	58,246	59,105
5.	58,591	57,785	58,332	57,891	58,420	59,036
6.	59,515	58,978	59,565	57,843	58,435	58,687
7.	58,797	58,363	58,931	58,080	58,020	58,230
8.	58,956	58,960	59,536	58,004	57,849	58,795
9.	60,243	57,887	57,808	58,010	58,222	58,758
10.	58,433	58,062	58,247	57,882	58,175	59,010
<b>Priemer</b>	<b>58,669</b>	<b>58,431</b>	<b>58,561</b>	<b>58,206</b>	<b>58,217</b>	<b>58,889</b>
<b>Prenosová rýchlosť [kb/s]</b>	<b>19,710</b>	<b>19,79</b>	<b>19,746</b>	<b>19,867</b>	<b>19,863</b>	<b>19,636</b>

Na základe nameraných výsledkov som zo známej veľkosti prenášaného súboru a priemerného času pre jednotlivé vzdialenosti vypočítal prenosové rýchlosti (pomer veľkosti súboru k času potrebnému na jeho prenos). Následne som zostrojil graf závislosti prenosovej rýchlosti na vzdialenosti (Obrázok 3.12).



Obrázok 3.12: Graf závislosti prenosovej rýchlosti na vzájomnej vzdialenosti zariadení

Odosielanie väčších súborov prostredníctvom burstových dát je však možné len ja krátke vzdialenosti, konkrétne maximálne do vzdialenosti 4 metrov, pretože potom začne rapídne narastať počet neúspešných prenosov tak, ako tomu bolo aj v mojom prípade. Na vykonanie desiatich úspešných prenosov obrázku som potreboval vo vzdialenosti 5 metrov celkovo 33 pokusov, čo vo výsledku dáva 30,3% pravdepodobnosť úspešného prenosu.



Obrázok 3.13: Graf závislosti množstva neúspešných prenosov na vzdialenosti

## 4 Záver

Cieľom mojej bakalárskej práce bol popis a otestovanie technológie ANT. Jedná sa o bezdrôtový protokol ponúkajúci nízku spotrebu, priaznivú cenu a výsledkami merania potvrdenú spoľahlivú jednoduchú prevádzku. Vďaka tomu by si technológia mohla nájsť uplatnenie nielen v športe, fitnes a zdravie sledujúcich aplikáciách, ale aj napr. v meteorológii, kde by viacero snímačov mohlo zaznamenávať rôzne údaje (vlhkosť, rýchlosť vetra, teplotu...) a namerané údaje by odosieli do jediného podriadeného zariadenia, ktoré by ďalej s údajmi pracovalo. Aj keď za cenu zníženia dosahu by pri využití burstového prenosu dát mohlo ANT byť využívané v bezdrôtových handsfree slúchadlách a dosiahnuť tak dlhšiu výdrž na jedno nabitie batérie.

Technológia má budúcnosť najmä vďaka prudkému rozvoju používania mobilných zariadení a čoraz častejšej implementácie technológie ANT do nich. Spoločne s tým narastá aj počet aplikácií pre OS Android alebo iOS, čím sa protokol dostáva do širšieho povedomia spoločnosti.

Veľkým prínosom pre potenciálnych záujemcov o ANT je voľne dostupný software ANTware II. Nakoľko sa jedná o program určený vývojárom, umožňuje sa aj menej skúseným užívateľom vcítiť do úlohy vývojára a vyskúšať si navrhnuť „vlastné zariadenie“. Užívateľa to donúti zamyslieť sa nad tým, s čím všetkým by sa jeho zariadenie mohlo v prevádzke stretnúť a snažiť sa tak predísť neželaným situáciám.

## Použitá literatura

- [1] DYNASTREAM INNOVATIONS INC. *ANT Message Protocol and Usage* [online]. 2011 [cit. 2013-04-28]. Rev 4.5. Dostupné z: <http://www.thisisant.com/developer/resources/downloads/>
- [2] DYNASTREAM INNOVATIONS INC. *ANT Message Protocol and Usage* [online]. 2013 [cit. 2013-04-28]. Rev 5.0. Dostupné z: <http://www.thisisant.com/developer/resources/downloads/>
- [3] DYNASTREAM INNOVATIONS INC. *ANT USB2 Stick* [online]. 2011 [cit. 2013-04-28]. Rev 1.2. Dostupné z: <http://www.thisisant.com/developer/components/antusb2/>
- [4] DYNASTREAM INNOVATIONS INC. *ANTware II User's Guide* [online]. 2009 - 2011 [cit. 2013-04-28]. Rev 1.1. Dostupné z: <http://www.thisisant.com/developer/resources/downloads/>
- [5] DYNASTREAM INNOVATIONS INC. *Burst Transfers* [online]. 2009 [cit. 2013-05-01]. Rev. 2.1. Dostupné z: <http://www.thisisant.com/developer/resources/downloads/>
- [6] DYNASTREAM INNOVATIONS INC. *Device Pairing* [online]. 2009 [cit. 2013-05-01]. Rev. 2.1. Dostupné z: <http://www.thisisant.com/developer/resources/downloads/>
- [7] DYNASTREAM INNOVATIONS INC. *Proximity Search* [online]. 2011 [cit. 2013-05-01]. Rev. 1.2. Dostupné z: <http://www.thisisant.com/developer/resources/downloads/>
- [8] ZALOKER, Joseph. ARROW ELECTRONICS. *ANT/ANT+* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.arrow.com/solutions-applications/machine-to-machine/files/atd-ant.pdf>
- [9] Digi-Key. EVANCZUK, Stephen. *ANT/ANT+ Solutions Speed Low-Power Wireless Design* [online]. 2013, 21.2.2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.digikey.com/us/en/techzone/wireless/resources/articles/ant-ant-solutions-speed-low-power-wireless-design.html>

## **Zoznam príloh**

Príloha A:	Fotografia meracieho pracoviska .....	I
Príloha B:	Tabuľka úspešnosti prenosu pri používaní broadcastových dát .....	II



*Príloha A: Fotografia meracieho pracoviska*



*Príloha B: Tabuľka úspešnosti prenosu pri používaní broadcastových dát*

Vzdialenosť [m]	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5
Číslo merania	Množstvo stratených dát [%]											
1.	0	0	5	0	0	0	0	0	5	10	0	-*
2.	0	0	0	0	0	5	0	25	0	0	40	-
3.	0	0	0	0	5	30	20	0	15	0	15	10
4.	0	15	0	0	5	0	25	0	15	5	0	0
5.	0	0	5	5	0	15	15	0	0	5	0	45
6.	0	0	0	0	10	0	0	0	25	5	0	0
7.	5	0	0	0	10	0	50	0	5	10	15	-
8.	0	5	5	0	15	5	10	25	15	10	5	15
9.	0	0	0	0	10	0	5	0	5	25	15	-
10.	0	0	0	0	0	5	15	10	30	10	10	45
<b>Priemer</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>-</b>

\* došlo k rozpadu spojenia a hodnotu nebolo možné zmerať